

Title	情報の経済分析について - J. Marschakの接近を中心に - (田杉競教授記念號)
Author(s)	浅沼, 萬里
Citation	經濟論叢 (1971), 108(5): 374-395
Issue Date	1971-11
URL	http://dx.doi.org/10.14989/133434
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

經濟論叢

第108卷 第5号

田杉 競教授記念號

献 辞	大 野 英 二	
ドイツ経営経済学説と統一理論の問題	山 本 安 次 郎	1
研究開発の経営職能論的考察	森 俊 治	34
バーナードとの対話	飯 野 春 樹	55
バーナード管理論における リーダーシップの位置づけ	大 平 金 一	76
資本制企業生産諸関係の重層的構造	片 岡 信 之	92
企業行動における組織的要因と環境	赤 岡 功	110
情報の経済分析について	浅 沼 萬 里	128
経営管理におけるシステム 概念の変遷について (2)	降 旗 武 彦	150

田杉 競 教授 略歴・著作目録

昭和46年11月

京 都 大 学 經 済 學 會

情報の経済分析について

——J. Marschak の接近を中心に——

浅 沼 萬 里

ま え が き

情報ないし情報変換活動の経済学的分析を試みようとするとき、われわれはただちに次のような困難に直面する。それは、第一に、情報そのものが、きわめて多面的な概念であり、通信工学、記号学、決定理論、制御理論など多様な学問分野が、それぞれの関心に応じて情報の個々の側面をとりあつてきたという事実である。第二に、情報をとりあげた経済学的な文献は、工学的な文献などにくらべると圧倒的に少ないと思われるが、にもかかわらず、その関心と接近方法はまちまちであり、統一的な展望を得ることが必ずしも容易でないという事実である¹⁾。とはいえ、たとえば「情報化」とか「情報産業」などということばに対応する事態もしくは実体を正確に見定めるためにも、われわれはひとまず抽象的な領域で情報概念について整理を行なうとともに、既存の文献の位置づけを行なうことを必要とするのである。

本稿では、このような作業の一助として、Jacob Marschak の業績をとり上げる。かれは、1950年代の初期に書かれた〔9〕の頃から、一貫して、単一の行動主体 (a person) の立場、およびこのような主体のグループとしての組織の立場から見た情報と決定の経済学的研究にとり組んできた。このうち、単一の行動主体の立場からの研究は、解説的講演〔12〕を経て、最近の論文〔13〕において、成熟に近づいた姿を見せている²⁾。

1) 今井、〔6〕〔7〕〔8〕は一つの展望を与えるものである。

2) 組織の立場からの研究は、Marschak, J. and R. Radner, *Economic Theory of Teams*, 1971, としてまとめられ出版されようとしている。

ここでは、主として [13] に沿いながら、Marschak が情報変換活動の諸類型とその相互関係をどのように把握し、情報をどのような局面において、またどのような視角から分析しているかを検討する。その上で、かれの分析と Arrow による情報の分析とを比較して、両者の間にある論調のちがいを指摘し、それが、議論の前提におけるどのようなちがいにもとづくかを明らかにする。その過程を通じて、今後さらに検討を深められるべき一、二の論点もまた明らかにするであろう。

I 情報変換活動の連鎖

1 Marschak の基本的観点

計器とボタンの操作とか書類の作成・伝達のような、それ自体は少量のエネルギーしか必要としない「シンボル操作」が巨大な物的装置を動かし、経済においてますます重要な位置を占めるようになりつつあるという観察に立ち、Marschak は、「シンボル操作のための財とサービス」の需要と供給を規定する要因を研究することが経済学者の課題であると考えた。かれは、この研究は、これらの財とサービスの厚生経済学的研究にまで進むべきものと考えているが、かれ自身の仕事は、そのような研究のための布石となることを意図しながらも、さしあたり、単一の行動主体による「シンボル操作のための財とサービス」の最適選択の理論にとどまっている³⁾。

「シンボル操作」に関連する活動は、具体的には、大別して、「調査」(inquiring)、「通信」(communicating)および「決定」(deciding)という3種類からなる。「シンボル操作のための財とサービス」とは、これらの機能を持つ機器または労働のことである。とるべき行動に関連ある事象についてのデータが「調査」によってもたらされ、決定者のところにコミュニケートされ、決定者は受けとったメッセージにもとづいて、とるべき行動を決定する。このように、上記の3種類の活動は、継起的なリンクをなすものである。Marschak は、こ

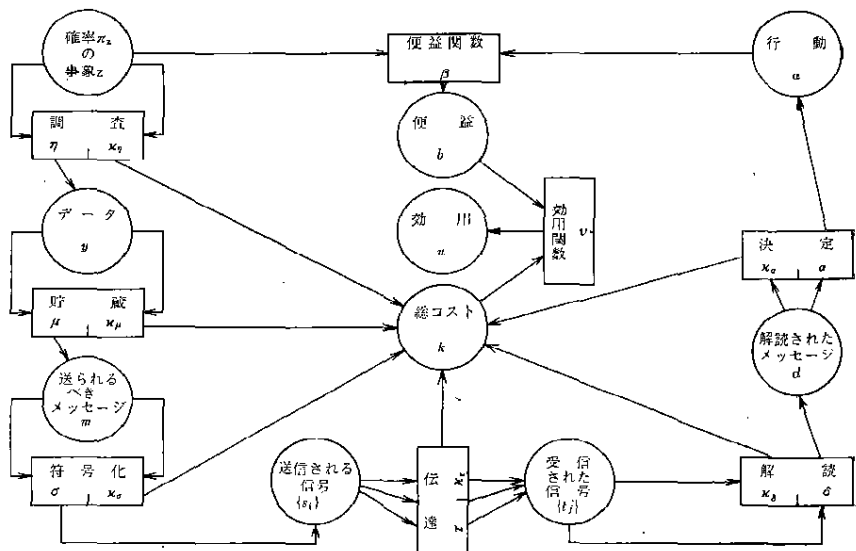
3) Marschak, [13], pp. 32-33. また, [12], pp.1-2, 17-18.

れら3種類の機能のおのおのを行なう機器, 人, または機器と人との組合せを, 3種類の機能の全体につき一括して, あるいは各機能ごとに別々に, 購入または雇用する使用者すなわち「上位の決定者」(meta-decider) の立場に立って, その選択の導きとなる原理を探究するのである。

2 情報処理とその連鎖

「シンボル操作」に関連する諸活動の連結は, 次のような図で示される⁴⁾。

第1図 調査, 通信, 決定



ギリシャ字 $\eta, \mu, \sigma, \tau, \delta, \alpha, \beta, \nu$ は [情報] 処理装置,

ラテン字 y, m, s, t, d, a, b, u はそれらのアウトプットを表わす。

費用関数 $\pi_z, \kappa_\mu, \kappa_\sigma, \kappa_\tau, \kappa_\delta, \kappa_\alpha$ の総体としてのアウトプットが k である。

図の中の「調査」(inquiring), 「貯蔵」(storing), 「符号化」(encoding), 「伝達」(transmission), 「解読」(decoding) および「決定」(deciding) と書かれた長方形は, いずれも, 一つの情報変換活動とそれを遂行する機器, 人ないしそれらの組合せとを表わしている。

4) Marschak, [13], p. 43.

Marschak は、次のような式で定義される一つの変換活動 P を一般的に「〔情報〕処理」(processing) と名づけている。

$$P = \langle X, Y, \eta, \kappa, \tau \rangle.$$

ここに、 X は投入 (inputs) の集合、 Y は産出 (outputs) の集合、 η は X から Y への変換、 κ は X からコストを表わす〔コストの単位で測られた〕非負の実数への変換、 τ は X から遅れ (delay) を表わす〔時間の単位で測られた〕非負の実数への変換。 X および Y は、いうまでもなく、通常の物的な投入・産出ではなく、「データ」等々の情報的な投入・産出である。そしてこのような機能を遂行する機器、人間または両者の組合せが「〔情報〕処理装置」(processor) である⁵⁾。なお「通信」(communication) とは、第1図の中の「貯蔵」, 「符号化」, 「伝達」および「解説」を結合してできる連鎖のことにほかならない。

さて、さきの第1図は、数種類の「処理〔装置〕」を全体として一つの連鎖をなすように結合したものであるが、この結合の仕方には一つの特色がある。いま、「処理」のうち、その産出 y (Y の元) が合理的決定に関する一定の諸公準をみたす一行動主体の「行動」(actions) であり、かつ、その投入 x (X の元) が、かれにとって制御不可能な「事象」(events) であるようなものを、「合目的〔情報〕処理」(purposive processing) とよぶ⁶⁾。さきの第1図に示されている処理〔装置〕の連鎖は、その始端にある「調査」への投入が「事象」であり、末端にある「決定」の産出が「行動」であって、全体として一つの合目的処理を遂行するものである。このような種類の連鎖を、Marschak は、「合目的〔情報〕処理連鎖」(purposive processing chain) とよんでいる。かれによれば、しばしば「情報システム」(information system) とよばれているものは、この種の連鎖にほかならない。Marschak の目的は、この種の連鎖を対象とする最適選択の原理を明らかにすることである⁷⁾。

5) *Ibid.*, p. 36.

6) *Ibid.*, pp. 37-38.

7) *Ibid.*, pp. 41-42.

3 情報処理の一般形

「処理」 $P = \langle X, Y, \eta, \kappa, \tau \rangle$ において、投入の集合 X と産出の集合 Y は、いずれも、議論を簡単にするために、有限と仮定されている。また変換 η は、一般的に、stochastic なもの、すなわち、 X の各元 x に対して、 Y の上のある確率分布を与えるようなものと想定される。そこで、 $X = (1, \dots, m)$, $Y = (1, \dots, n)$ であるとし、 x が i であるとき y が j である条件つき確率 $p(y=j|x=i)$ を η_{ij} と書くと、 η は η_{ij} を第 (i, j) 要素とする m 行 n 列のマルコフ行列で表わされる。すなわち、 $\eta_{ij} \geq 0$ (all i, j) かつ $\sum_j \eta_{ij} = 1$ (for all i)。

他方、ある与えられた x に対するコスト κ および遅れ τ は確定的に定まるものとされる。

複数个の「処理」 P^1, \dots, P^N を順次に連結して得られる一つの連鎖 P については、それが全体として行なう変換の行列 η は、 P^1, \dots, P^N のそれぞれの行列 η^1, \dots, η^N を順次にかけ合せた積であると考えられる。ただし、 P におけるコスト κ と遅れ τ とが、 P^1, \dots, P^N におけるコストおよび遅れの簡単な関数として表わされうる保証はない⁸⁾。

4 決定理論と通信理論

さきの第1図に示された合目的的处理連鎖は、二つの部分に分解されうる。まず、「調査」の産出である「データ」と、「決定」への投入である「解読されたメッセージ」とを同じものと見なして重ね合せると、図の上半の部分だけで閉じた一つの合目的的处理連鎖ができる。これは統計学者が決定理論 (decision theory) においてとりくんできた対象にほかならない。次に、「貯蔵」への投入である「データ」を「送られるべきメッセージ」とし、「貯蔵」の産出を「貯蔵されていたメッセージの列」とすると、「送られるべきメッセージ」を最初の投入とし、「解読されたメッセージ」を最終的な産出とする一つの連鎖ができる。これは「通信」とよぶことができ、通信工学者が情報理論 (infor-

8) *Ibid.*, p. 36, pp. 40-41.

mation theory) の名においてとりくんできた対象である⁹⁾。

実際、決定理論の成果と情報理論——以下、通信理論とよぶ——の成果とを、それぞれの理論が暗黙のうちにおいてきた諸仮定を明るみに出しながら、一つの統一的な枠組の中に位置づけようとするのが、Marschak の仕事の中心的な狙いである。そして、そのさい、基本的には決定理論の立場から両者を統一しようとしていることが Marschak の特徴である。

II 調査・決定と決定理論

この節では、かんたんに決定理論の基本的な論理をふりかえりながら¹⁰⁾、それを、第 I 節で図示された連鎖の上側の半分に対する Marschak の議論に関係づけてゆく。

1 不確実性の下での決定

(1) 行 動 と 事 象

われわれがとる行動の結果が、その行動だけでは定まらず、いくつかの要因のうちどれが起るかということにも依存し、しかも、どの要因が起るかは行動を決定する時点において正確に予知できず、また決定者によって制御できないとき、不確実性 (uncertainty) が存在するという。このような要因を可能な「環境の状態」(state of environment) とよび s で表わし、可能な s 全体の集合を S で表わす。とりうる「行動」(action) a の集合を A で表わす。環境のある状態 s が実現したときの、ある行動 a の「結果」(consequence) を $c(a, s)$ とする。別の書き方をすれば、 $c = a(s)$ である。さらに、各 c に対して、決定者がわりつける評価を、通常、数値的な効用関数 u で表わす。同時に、その c をもたらず (a, s) に対する評価を、

$$\omega(a, s) \equiv u(a(s)) \equiv u(c)$$

9) *Ibid.*, p. 42.

10) 決定理論——統計的決定理論とよばれることもある——の基本文献は、Savage, [17] である。興味ぶかい平易な解説として Raiffa, [16] があり、またきわめて最近のものに宮沢, [15] がある。

によって定義し、 ω を「利得関数」(pay-off function) とよぶ¹¹⁾。なお、かんたんな化のため、以下 S と A は有限個の元しか持たないとする。

一般に S の部分集合のことを「事象」(event) といい、各事象に対して確率測度がわりつけられうるが、いま S を1個以上の空でない部分集合 B_i に分かち、それらの部分集合の共通部分が空 ($i \neq j$ のとき $B_i \cap B_j = \emptyset$)、合併が $S (\cup_i B_i = S)$ であるようにすることができる。この部分集合の集合 $\{B_i\}$ を S の一つの「分割」(partition) というが、Marschak は、このような分割の元 B_i を「事象」とよんでいるのである。Marschak は、利得関数 $\omega(a, s)$ との関連において S および A を適当に分割し、そこから議論を出発させることを便宜とする。すなわち、第一に、すべての $a \in A$ について $\omega(a, s) = \omega(a, s')$ であれば、 s と s' は同一の事象 x に属するものとする。第二に、すべての $s \in S$ について $\omega(a, s) = \omega(a', s)$ であれば、 a と a' とは A の同一の部分集合に属するものとし、この部分集合をあらためて「行動」 a と書く。以上の手続きにより、今後は利得関数を $\omega(a, x)$ という形で書くことができる¹²⁾。

(2) 判断確率と期待効用

さて、決定理論における基本的な命題は、次のようなものである。すなわち、第一に、不確実性の下で行動を選択しようとする決定者が、もし合理的な決定の要件と考えられる若干の公準をみたすならば、この決定者は、各事象 x に対して、それが起る可能性についての「判断確率」(judgemental probability) $\pi(x)$ をわりつけることができる。第二に、同じような公準の下で、行動の集合 A の上に数値的な効用関数 U を定義することもでき、任意の二つの行動 a_1 と a_2 について、 $a_1 > a_2$ である (a_1 が a_2 より選好される) のは、 $U(a_1) > U(a_2)$ のとき、かつそのときだけであるようにすることができる。そしてこの効用関数 $U(a)$ は、判断確率 π と利得関数 ω を所与とすると、 $U(a) = \sum_x \pi(x) \omega(a, x)$ に

11) Savage, [17], chap. 2, pp. 6-27; Marschak and Miyasawa, [14], pp. 138-139.

12) Marschak, [13], p. 40. なお、Marschak and Miyasawa, [14], pp. 138-139, Marschak, [11], pp. 39-42, および Marschak, [10] を参照。Marschak and Miyasawa, [14] は、 A の分割の元を「決定」(decision) d とよんで、 A の元である「行動」(action) a と記号的に区別している。ここでは記号的に区別しない。

よって定められ、したがって、行動 a の「期待効用」(expected utility) とよばれる¹³⁾。

この命題にしたがえば、決定者は、可能な行動の集合 A の中から、 $U(a)$ を最大にするような行動を択ぶことによって最適決定を達成するのである。

(3) 合目的的情報処理

Marschak がいう、 Z を投入の集合、 A を産出の集合とする「合目的的〔情報〕処理」 P とは、まさに、上記の決定理論の命題にしたがって行動を選択する決定者のことにほかならない。 Z と A を所与とし、判断確率 π と利得関数 ω とを定めるとき、それは期待効用 $U_{\pi\omega}(a)$ を最大にするような行動 a を採択する。

但し、Marschak は、情報処理のコスト $\kappa(z)$ と、遅れ $\tau(z)$ とを、明示的に利得関数の中に導入する。そして、とりあつかいを簡単化するために、 $\kappa(z)$ と $\tau(z)$ とは次のような特殊な形で利得関数の中に入ると仮定する。すなわち、

$$\omega(a, z, \kappa(z), \tau(z)) = -c\kappa(z) + \beta(a, z)d^{\tau(z)}.$$

Marschak は、この $\beta(a, z)$ を「便益関数」(benefit function)、 $\kappa(z)$ を「費用関数」(cost function) と名づけている。 c はコストを便益の単位に換算するための定数、 d は割引因子を示す定数である¹⁴⁾。

2 不確実性の下での観測と決定

(1) 観測装置の特性

決定者は、関心のある事象のうちどれが起るかということについて、しばしば、必要なコストを支払えば、観測または実験の結果を利用できる。Bayesian の立場からすれば、これらの結果は決定者が事前に判断確率を持つことと矛盾するものではなく、追加的な判断資料として、事前の判断確率に改訂を生ぜしめるはたらきを持つものとみなされる。

13) Arrow, [4], とくに p. 53. なお、判断確率は、「主観的確率」(subjective probability) ないし「個人的確率」(personal probability) ともよばれる。この概念については、Savage, [17], chap. 3 を参照。

14) Marschak, [13], pp. 39-40.

さて、これらの観測または実験——以下一括して「観測」(observation)とよぶ——の一つは、一般に、次のような一つのマルコフ行列で表わされる。

$$\eta = [\eta_{zy}] = \begin{pmatrix} \eta_{11} & \dots & \eta_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \eta_{m1} & \dots & \eta_{mn} \end{pmatrix}$$

$$\eta_{ij} \geq 0, \text{ all } i, j; \sum_j \eta_{ij} = 1, \text{ all } i.$$

ここに、 η_{ij} は、この観測において、 z_i という事象について観測を行なったとき、 y_j というデータ——決定者の立場から見て、ふつう、メッセージとよばれる——を得る確率であり、メッセージ y_j の、事象 z_i に対する「尤度」(likelihood)とよばれる。 η は「尤度行列」(matrix of likelihoods)または「情報行列」(information matrix)とよばれる¹⁵⁾。これは、1つの観測装置または観測方法の特性を示している。

ちなみに、完全情報を与えるような観測装置は m 次恒等行列によって、また「無情報」(null-information)を与えるような観測装置は、すべての行が等しい行列、またはすべての成分が1の m 成分列ベクトルによって表現される¹⁶⁾。

(2) 観測装置の選択

一つの観測装置 $\eta = [\eta_{zy}]$ が、あるコストで利用可能であるとき、決定者はこれを利用する方が得策かどうか。また、利用する場合には、そのことによって受ける利益はどの程度の大きさになることが予想されるか。

決定理論の教えるところによれば、このような問いに答えるためには、まずその観測装置から受けとる可能性のあるメッセージ y のおのおのに対して行動を対応させる規則が必要である。それは次のようにして見いだされる。

いま、あるメッセージ y が実際に得られたとする。そのとき、このメッセージにもとづいて、決定者は、各事象の起り方に関する事前の判断確率 $\pi(z)$ を

15) *Ibid.*, p. 45; 宮沢, [15], 127ページ。

16) Marschak, [13], pp. 50-51.

改訂することができ、事後の判断確率 $\pi_y(z)$ は、Bayes の定理により、

$$\pi_y(z) = \pi(z)\eta_{zy} / \sum_{t \in Z} \pi(t)\eta_{ty} \quad (1)$$

で与えられる。したがって、あるメッセージ y を実際に受けとったという条件の下での、各行動 $a \in A$ の期待効用を、

$$U_y(a) = \sum_z \pi_y(z) \beta(a, z) \quad (2)$$

によって計算することができ、 A の中で $U_y(a)$ を最大にするような a を選ぶことができる。このような a を、 a_y と書く。メッセージ y を受けとったあとで行動 a_y をとったときに期待される効用の値は、

$$U_y(a_y) \equiv \max_{a \in A} U_y(a) \quad (3)$$

と書ける。

ところで、実は、観測装置を評価しようとしている場合には、あらかじめわかっているのは受けとりうるメッセージの集合 $Y \equiv \{y\}$ であって、このうち、どのメッセージが実際に出てくるかは、確率的にしかわからない。そして、 Y の任意の元 y が出てくる確率 $p(y)$ は、事前の判断確率 $\pi(z)$ と尤度行列 $\eta = [\eta_{zy}]$ とを知っていることを前提にして、

$$p(y) = \sum_z \pi(z)\eta_{zy} \quad (4)$$

によって計算される。

さて、このように、 y をどれか一つの y に固定しない場合には、(3)式の $U_y(a_y)$ は、 y の関数として、あらためて、

$$V(y) = U_y(a_y) \equiv \max_{a \in A} U_y(a) \quad (5)$$

と書ける。これは、任意のメッセージ y を受けとったとき、それぞれのメッセージについて A の中から最適の行動を選ぶことを前提にした、可能な最大の期待効用である。

しかるに、メッセージ y は、(4)式の確率 $p(y)$ をもって生じるから、どのメッセージを受けとるかまだわからないときの、可能な最大の期待効用は、

$$V(\eta) \equiv \sum_y p(y) V(y) \quad (6)$$

である。ここで、(6)に(1)、(2)、(3)、(4)および(5)を代入すれば、結局、

$$V(\eta) = \sum_z \sum_y \pi(z) \eta_{zy} \beta(a_y, z) \quad (7)$$

となる。

ここで、各 y に対して最適な行動 a_y を対応させる規則を、あらためて行列、

$$\alpha^* \equiv [\alpha^*_{yz}] \quad (8)$$

の形に配列すれば、 α^* は最適戦略を表わす行列となる。結局 $V(\eta)$ は、われわれが、可能な戦略の集合 $\{\alpha \equiv [\alpha_{yz}]\}$ の中から最適のものを見いだすことを前提にして計算されるのである。

さて、さきにふれたように、「無情報」に対応する観測装置を表わす行列を $\eta^0 = [\eta^0_{zy}]$ とすると、

$$\eta^0_{zy} = \lambda_y, \text{ all } z; \sum_y \lambda_y = 1.$$

であるから、これを(7)に代入すると、

$$V(\eta^0) = \sum_z \pi(z) \beta(a^0, z) \quad (9)$$

となる。 a^0 は、 $a \in A$ の中で $\sum_z \pi(z) \beta(a, z)$ を最大にするようなものであり、結局 $V(\eta^0)$ は、観測装置が利用できない場合の最適決定の与える期待効用に等しい。ふつう、

$$V_G(\eta) \equiv V(\eta) - V(\eta^0) \quad (10)$$

のことを、 η で表わされるある観測装置の「粗価値」(gross value)という。さらに、 η で表わされる観測装置にともなうコストを $K(\eta)$ とするとき、

$$V_N(\eta) \equiv V_G(\eta) - K(\eta) \quad (11)$$

のことを、その観測装置の「純価値」(net value)とよぶ。これに対して、(5)式の $V(y)$ の方は、「メッセージ y の価値」とでも名づけられうる。

以上によって、観測装置の選択の基準が知られたことになる。すなわち、ある観測装置 η の純価値 $V_N(\eta)$ が正ならば、それを採用することによって、便益 β の単位で測られた $V_N(\eta)$ だけの大きさの利益がある。また、二つの観測装置 η および η' を比較する場合には、それぞれについて $V_N(\eta)$ と $V_N(\eta')$ を計算すれば、それらの大きさによって比較ができるのである¹⁷⁾。

17) 以上の展開については、宮沢、[15]、第4章および Marschak, [13], pp. 48-49 参照。

さて、以上は決定理論の論理を、そのまま、なるべく Marschak の記号法にしたがいながら叙述してきたわけであるが、Marschak 自身の定式化においては、コスト $K(\eta)$ は観測装置への投入（すなわち確率的に生じる事象 z ）に依存すると考えるわけであるから、この要素を加味すると、コスト側は、「期待費用」

$$K_{\pi}(\kappa) = \sum_z \pi(z) \kappa(z) \quad (12)$$

の形に書ける。他方、あらためて、

$$B_{\pi\beta}(\eta, \alpha) = \sum_z \sum_y \sum_a \beta(a, z) \pi_z \eta_{zy} \alpha_{ya} \quad (13)$$

を「期待便益」(expected benefit) と定義し、

$$U = U_{\pi\beta}(\eta, \alpha, \kappa) = B_{\pi\beta}(\eta, \alpha) - K_{\pi}(\kappa) \quad (14)$$

を「期待効用」(expected utility) と定義すると、実行可能条件の下で期待効用 U を最大化することが、観測装置の最適選択となる。Marschak は、決定理論の論理をこのような形で再定式化している¹⁸⁾。

3 「調査」と「決定」

1 と 2 の二つの小節にわたって、決定理論の基本的な論理をあとづけてきた。Marschak は、基本的には、決定理論の上に立っている。さきの第 1 図で、Marschak が「調査」(inquiring) として示した「処理」(processing) は、まさしく、尤度行列 $\eta = [\eta_{zy}]$ をその本質的な表現とする、いままで「観測〔装置〕」と書いてきたものにほかならない。また、Marschak が「決定」(deciding) と名づけている「処理」は、戦略行列 $\alpha = [\alpha_{ya}]$ をその機能の表現とするものである。統計学・決定理論は、「調査」を、「観測」ないし「実験」の名の下に対象としてきた。また「決定」を「戦略」ないし「決定規則」の名の下に対象としてきた。とくに、可能な「行動」が「代替的な仮説」である場合が、統計学の伝統的な問題であった。この意味で、統計学・決定理論は、情報の経済学をはぐくんできた。

しかし、Marschak によれば、そこでの接近にはまた、次のような一面性も

18) Marschak, [13], pp. 44-49.

存在する。

それは、第一に、「観測」についても「戦略」についても、遅れの問題、いかにすれば処理のスピードの問題が無視されていることである。それゆえ、観測設備ないし決定設備の過負荷の問題や両設備の能力のバランスの問題は統計学の文献では明示的にあつかわれてこなかった。

第二に、統計学の文献では、 Z と A とは表裏の関係にあり、そこでの「行動」とは Z の一つの分割の中の部分集合 (=「代替的仮説」) の一つを択ぶことにほかならない。この場合、行動は事象よりも多くあることができない。しかし、情報の経済学の観点からすれば、 Z と A とが別々のものであり、統計家の任務は雇主が関心をもつについて、みずからの観測値 y と尤度 η_{xy} をもとに、事後確率 $\pi_y(z)$ を計算して提供することであり、雇主はこれをもとに、必要に応じてオペレーションズ・リサーチマンなどを雇いながら、みずからの行動を決めるというような状況を考える方が一般的である。この場合にはとりうる行動の数は事象の数より多くなりうるとともに、統計家が雇主に事後確率分布を送るにさいして、従来通信工学が問題にしてきたが統計学は問題にしてこなかった符号化 (coding) 法の最適選択の問題などが生じる。

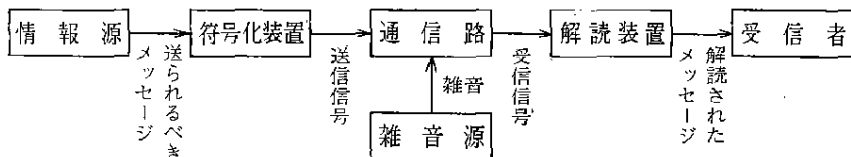
第三に、統計学の文献では、決定のコストが無視されており、また、決定にかんしなんらの制約条件も課されていない。これは定式化として非実際的であろう。

統計学・決定理論は、観測装置の選択と戦略の選択とを直結し、両者を不可分の一体と考え、暗黙の仮定として、遅れ、決定コストおよび決定に対する制約を無視してきたという Marschak の指摘によって、Marschak の「処理連鎖」の定式化が「調査」と「決定」の間に「貯蔵」および「符号化」にはじまる「通信」を介在させ、かつ「調査」「決定」のおのおのの特性記述 $P \rightarrow \langle X, Y, \eta, \kappa, \tau \rangle$ の中に遅れ τ およびコスト κ を明示的に含めていることの意味が明らかになる。

III 通信と通信理論

1. 通信理論の対象

通信理論は、一般に次のような図で表わされる一つの系を対象としている²⁰⁾。



「情報源」(information source) とは、「メッセージ」(=「通信文」; message) を発生する源であるが、通信の観点からつきつめて考えれば、それは、ある記号の集合(アルファベット)に属する記号(文字)を、時間的な系列として次々に発生させてくるものである。メッセージを「受信者」(destination) に送りどけるためには、各記号が、遠距離伝送等に好都合な信号に変換されなければならない。この操作が「符号化」(coding)である。通信路を経て受信された信号の系列は、もとのアルファベットに属する記号の系列に直されなければならない。この変換が「解読」(=「復号化」; decoding)である。

電気通信等の登場により、人間の肉体的な制約を超えて通信を行なうことができるようになったが、「通信路」(channel)において、信号の系列の中に確率的に、雑音(noise)が入りこむ。したがって、一般に、「送信信号」の系列と「受信信号」の系列とは同一のものであることができない。にもかかわらず、受信された信号の系列から、送られたメッセージがほとんど誤りなく復元されるようにすることは、「冗長度」(redundancy)の大きい符号系を使って信号を作れば、可能である。しかし、冗長度の大きい符号化法を用いるほど、同一のメッセージの伝達に、より大きな時間を要するか、ないしはより大きな通信路

20) これは、たいていの通信理論(情報理論)の教科書にのっている、もともとは Shannon が描いた図の一変形である。たとえば、甘利、[1], 61-63ページ。

容量を要し、いずれにせよコストが増加する。このような状況の下で、最適の符号化法を探究することが、通信理論の中心課題であった²¹⁾。

さきに第1図として示した Marschak の「処理連鎖」の下側の半分は、明らかに、通信理論のモデルにもとづいて描かれていて、「貯蔵」を明示的に導入しただけがちがっている。かれは、この「貯蔵」への投入である「データ」を「送られるべきメッセージ」と読みかえ、それが最初の投入、「解読されたメッセージ」が最終的な産出であるような「処理連鎖」を「通信」とよんでいる²²⁾。そして、この連鎖が、種々のまとまりにおいて「合目的処理連鎖」とみなしうることを示し、その角度から、通信理論の種々の成果を再解釈するとともに、通信理論の従来の文献に見られるいくつかの一面性を批判している²³⁾。ここでは、かれの論点のうち、情報概念の理解と関わりの深い一つだけを挙げておこう。

2 通信理論における便益関数

いま、「事象」の代りに、「送られるべきメッセージ」を z 、その集合を Z で表わす。また、「観測」の代りに、「貯蔵」「符号化」「伝達」を合せたものをかりに「狭義の通信」と名づけて、その特性を表わすマルコフ行列を η で表わす。「受信された信号」が、その産出 $y \in Y$ とである。さらに、「戦略」の代りに、「解読」をマルコフ行列 α で表わし、「行動」の代りに、「解読されたメッセージ」を $a \in A$ で表わす。このようにすると、「通信」の部分だけからなる一つの合目的処理連鎖を考えることができるが、Shannon の1948年の仕事をはじめ、初期の情報理論の文献は、この連鎖を対象として、事実上、

$$a \begin{cases} = \\ \neq \end{cases} z \quad \text{ならば} \quad \beta(a, z) = \begin{cases} 0 \\ -1 \end{cases} \quad (15)$$

という形の、非常にかんたんな便益関数を仮定してきた。すなわち、メッセー

21) 通信理論(情報理論)の興味ぶかい解説書に、甘利、[1]がある。

22) Marschak, [13], p. 42.

23) *Ibid.*, pp. 84-97.

ジの内容にはまったく関わりなく、送られたメッセージが誤って受けとられた場合には同一額の損失が発生するとみなしてきたのである。しかし、より広く、第1図の連鎖全体の使用者（＝「上位の決定者」）の観点に立てば、メッセージの内容は、不確実な「事象」に関する「データ」にほかならない。それは、第Ⅱ節の(5)式〔と(2)、(3)式〕に見られるような、「データ」の使用者の便益関数と事前確率とに依存する期待効用（＝「メッセージの価値」）を持っていて、その大きさは、「送られるべきメッセージ」のおのおのにつき、まちまちであるはずである。そして、「上位の決定者」すなわちメッセージの使用者の観点から見れば、上の意味でより価値の高いメッセージが誤り伝えられたときの損失の方が、より価値の低いメッセージが誤り伝えられたときの損失よりも大きいはずである。Marschak は、この点で、通信理論の初期の定式化は一面的であり、1960年に Shannon が提唱した「信頼性基準」(fidelity criterion)の方が経済学的に見てより適切であることを指摘している²⁴⁾。

IV 情報の経済分析について

1 Marschak の分析における情報

すでに明らかであるように、Marschak の分析は、情報処理装置または情報処理サービスの選択の理論を意図したものであって、それ自体としては、財としての情報の需要供給の理論ではない。そこには、「情報」(information)という術語自体、表立って登場しては来ない。照明を当てられているのは、一連の情報変換活動である。かえてそれだけに、かれの分析は、情報を、その多様な側面において、また一つの回路の中の多様な局面において、理解するための

24) *Ibid.*, pp. 84-86. なお、Marschak は、情報の通信と、物的な財の貯蔵および輸送との間にアナロジーが成り立つことを指摘している。そして、通信理論（情報理論）が、主として輸送の観点から構成されていることを明らかにする。「情報理論」が提出した「情報量」の概念は、こうして、本質的に記号の個数に照応する概念である。それは、輸送のコストとパフォーマンスに影響し、それを通じて輸送サービスの使用者の期待効用にも影響するが、それ自身は、なんらその記号が担っている情報の、使用者にとっての期待効用には関わりなく、それはあたかも物的な財の体積が、その財の、消費者にとっての効用に関わりがないのと同様である。*Ibid.*, p. 86.

手がかりを与えている。「調査」・「観測」によって得られるものとしては、それは、事象についての不確実性を減らすもの——事前の判断確率に改訂を生じさせるもの——としての「データ」である。「通信」の出発点を構成するものとしては、それは「送られるべきメッセージ」である。「伝達」されるためには、それは適当な「信号」に変換されて送信され、受信されることを要する。それが「解読されたメッセージ」として通信の相手方に受けとられるとき、通信は完了する。さらに、「決定」への投入としては、それは再び決定に関連のある事象についてのメッセージであり、それを判断の資料として行動が選択されることによって、その機能は実現される。

このように、あらためて情報を中心に見るとき、Marschak のいう「調査」とは情報の生産であり、「通信」とは情報の輸送であり、「決定」とは情報の消費——但しそれ自身が目的である消費ではなく中間財的な消費——であるということが、一応はできるであろう。

2 Arrow の分析における情報

ところで、Arrow, [2] は、財としての情報の側に焦点をおいた議論を、比較的早い時点において行なっていた。これは数学的に定式化された議論ではないけれども、こんにちではかなり広く知られるに至っている情報という財の諸特性を、経済学者としてはおそらくはじめて、かなり系統的に指摘したものである。

Marschak と対比するために、そこでの Arrow の論旨を要約してみよう。

かれの主題は、発明に対する資源配分の厚生経済学的な観点からする分析である。発明とは、一つの、情報の生産過程にはかならない。そこで、発明を分析するためには、財としての情報の経済学的諸特性を明らかにしておく必要があると考えられる。

情報は、不確実性が存在するという文脈においてはじめて現われてくる。それは、経済系の中の一部で行なわれる観測の結果生み出されるものであり、それを知りえた人の、環境の状態についての判断確率の値に影響を与えるもので

ある。そのような観測は、研究において行なわれるが、日常的な経済活動に付随しても行なわれている²⁵⁾。

情報は、それを持った人に持たない場合とくらべてより大きな利益をもたらすという意味で経済価値を持つ。このことから、情報が商品となりうるということが予期されるし、事実、新聞業など、情報の伝達に関する分野では、それを商品としてあつかっている場合がしばしばある²⁶⁾。

しかし、情報は商品としては種々の問題点を持っている。第一に、それは分割不可能 (indivisible) なひとつかたまりとして生み出されるという性質を持っており、したがって、分割不可能な財共通の帰結からすれば独占力の源となりやすい。ところが、第二に、情報は、きわめて低いコストで容易にコピーを作ることができ、この意味では専有可能性 (appropriability) が乏しく、そもそも商品 (私的財) になりにくい。この点を補うものとして特許等の法的規制があるが、それらは情報の流出を完全に防止するものではない。以上は、供給側から見た問題点であるが、需要側から見ても、第一に、情報は使用においても分割不可能である。第二に、情報の需要者にとっての価値は、それを取得した上でなければわからないが、取得してしまえばもはや購入する必要がないというパラドックスがある。これらの理由によって、情報の市場は展開しにくい²⁷⁾。

さらに、発明・研究という活動は、情報の生産であるから、まさに情報の定義からして、結果が不確実な活動である。その産出を投入から完全に予測することは決してできない²⁸⁾。したがってこのような活動は、それに従事する当事者たちの危険負担を他に移転させるような措置を講じないかぎりには、私企業では行なわれにくい。他面で危険負担を全く免除するような方式 (たとえば「コスト・プラス契約」) で私企業に行なわせるならば、資源の浪費を誘発するおそれがあるというジレンマが生じる²⁹⁾。また基礎研究は、情報の自由な移動を必

25) Arrow, [2], p. 614.

26) *Ibid.*, p. 614.

27) *Ibid.*, pp. 615-616.

28) *Ibid.*, p. 616.

要な前提とするから、私企業によって行なわれるのにもっとも不適当なものである³⁰⁾.....。

このように、Arrow は、Marschak と同じように、情報を、観測によって生み出され、事象についての不確実性を減らすものとしてとらえるところから出発するのであるが、情報の生産活動については、「研究」(research)に焦点をしばり、投入産出の関係が不確実な活動であるという点にその特質を見いだすのである。研究の生産物である情報についても、それを売買する市場が十分展開する可能性について Arrow は否定的である。

これに対して、Marschak は、「調査」(inquiring)が生み出す「メッセージ」(=情報)一つ一つの売買は考えていないけれども、「調査」サービスもしくは「調査」装置は、数値的な期待効用によって(すなわち適当に単位を扱えば金額による評価として)評価することができ、その評価値によって購入するかどうかを決めることができるものと考えている。同じく情報の生産を対象におきながら、Arrow と Marschak とは、いささか異なったイメージを抱いているといわなければならない。

3 情報の生産

実際、Marschak が例として挙げている観測装置は、明日の天候に関するメッセージを提供するものとしてのラジオの気象通報やバロメーター、あるいは、来月の株価予測サービスである³¹⁾。このような観測装置は、可能なメッセージの集合のうちどの一つがある観測時点において生じるかということこそ不確実ではあるが、可能なメッセージの集合は使用者にとって既知であり、また反復的に同じ型の観測をくりかえすものである。まさにこのことと照応して、Marschak の分析においては、観測装置の尤度行列 $\eta = [\eta_{xy}]$ が知られている

29) *Ibid.*, pp. 610-614, 616-617. なお、このジレンマは、Arrow が不確実性をともなうプロフェッショナルな活動のすべてにつきまとうと考えているものである。たとえば、Arrow, [5], pp. 10-13 を見よ。

30) *Ibid.*, pp. 618-619.

31) Marschak, [12], pp. 4-7. また、[11], p. 40.

ことが仮定されている。第Ⅱ節の2で見たように、観測装置の期待効用の計算は、 η が既知であることを前提してはじめて行なわれえた。尤度 (likelihood) とは、たとえば、翌日の天候が実際に晴れであるときに気象台が「明日は晴れ」という予報を出す確率であるから、その知識は、同一の観測装置の多年にわたる反復的使用の経験などを前提するであろう。

これに対して、Arrow が、「相異なる研究プロジェクトの産出は質的に異なっている。同一の情報を二度取得してもなんの得ところもない。知識の生産は、こうして、次々と作り出されるアイテムが質的に同一でありうる物財の生産とは基本的に異なった性格を持っている。³²⁾ というとき、かれは、きわめて非反復的な「観測」活動を念頭においているものと思われる。このような観測については尤度行列の知識を前提することはできず、したがってまたその評価値の計算も困難であろう。

しかし、Arrow が念頭においているような創造的な研究だけを「情報の生産」とすることは妥当ではないであろう。反復的・日常的な観測も「情報の生産」である。そしてこのような種類の情報の生産（あるいはそのための装置）の方に、より商品としての性格を持ちやすいものが多いであろう。たとえばコンピュータによる情報検索ないし情報処理サービスは、このあとの方のカテゴリーに入ると考えられる³³⁾。

Marschak の論調と Arrow の論調とのコントラストは、「情報の生産」という概念を具体的な内容に即しつつ、十分なバラエティにおいて考察することが必要であることを示唆しているように思われる。

4 認知と制御

そして、さらに、情報の生産者の「尤度行列」について、需要者がたしか

32) Arrow, [3], p. 30.

33) 今井, [6] は、Marschak の図 ([12]に描かれたものであるが、若干の修正点を除けば、第Ⅰ節の第1図に示した [13]における図も、本質的に変わっていない)は情報の生産を含んでいないから不十分なものだとしているが、これは、おそらく、今井氏が、研究開発のようなものだけを、情報の生産と考えておられるからである。[6], 40ページ。

知識を前提しうるかかどうかという問題を、もう一歩つきつめて考えれば、反復性を持った情報の生産と非反復的な情報の生産との区別および両者の間の諸パラエティの認識という上述の要請に加えて、情報概念そのものについても、一段の深化が要請されるように思われる。すなわち、Marschak や Arrow が、決定理論の光によって照らし出しているものは、情報の、事象に関する認知の面における機能である。かれらの分析においてはもっぱら、この機能のために需要され、それによってある金銭的な評価を与えられ、そのような需要に応じて供給されるような情報があつかわれることになる。しかしながら、情報の中には、送り手の側から、受け手に対するなんらかの意味における制御の機能を意図して積極的に送り出されてゆくような情報、このような機能をはたすことの期待にもとづいて需要されるような情報もある。たとえば、広告・宣伝がその一例である。さらに、管理者のリーダーシップというようなものもここに含めうるかもしれない。そして、この二つの型の情報は必ずしも別個の存在ではなく、認知のために需要され供給されるという側面と、制御を意図しつつ送り出され受けとられるという側面とを併せもつような情報がありうる。情報の経済学は、このような型の情報の解明に進み出てゆかなければならないであろう。

参 考 文 献

- 〔1〕 甘利俊一「情報理論」昭和45年。
- 〔2〕 Arrow, Kenneth J., Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, in N. B. E. R., *The Rate and Direction of Inventive Activity*, 1962, pp. 609-625.
- 〔3〕 ditto, "Classificatory Notes on the Production and Transmission of Technical Knowledge", *The American Economic Review*, Vol. 59, 1969, pp. 29-33.
- 〔4〕 do., Exposition of the Theory of Choice Under Uncertainty, in K. J. Arrow, *Essays in the Theory of Risk-Bearing*, 1971, pp. 44-89.
- 〔5〕 do., Political and Economic Evaluation of Social Effects and Externalities, in Margolis, Julius (ed.), *The Analysis of Public Output*, 1970, pp. 1-23.
- 〔6〕 今井賢一, 情報の経済学と情報のマネジメント(1), 「ビジネス レビュー」第16巻第3号, 昭和43年12月。

- 〔7〕 同上, 情報の経済学と情報のマネジメント(2), 「ビジネス レビュー」第17巻第1号, 昭和44年6月。
- 〔8〕 同上, 情報の経済学と情報のマネジメント(8), 「ビジネス レビュー」第17巻第4号, 昭和45年3月。
- 〔9〕 Marschak, Jacob, Towards an Economic Theory of Organization and Information, in R. M. Thrall et. al. (eds.), *Decision Processes*, 1954, pp. 187-220.
- 〔10〕 ditto, "The Payoff-Relevant Description of States and Acts", *Econometrica*, Vol. 31, 1963, pp. 719-725.
- 〔11〕 do., Problems in Information Economics, in C. P. Bonini et. al. (eds.), *Management Controls*, 1964.
- 〔12〕 do., "Economics of Inquiring, Communicating, Deciding", *The American Economic Review*, Vol. 58, 1968, pp. 1-18.
- 〔13〕 do., Economics of Information Systems, in Michael D. Intriligator, *Frontiers of Quantitative Economics*, 1971, pp. 32-107.
- 〔14〕 Marschak, Jacob and Miyasawa Koichi, "Economic Comparability of Information Systems", *International Economic Review*, Vol. 9, 1968, pp. 137-174.
- 〔15〕 宮沢光一「経済分析と決定理論」昭和46年。
- 〔16〕 Raiffa, Howard, *Decision Analysis*, 1968.
- 〔17〕 Savage, Leonard J., *The Foundations of Statistics*, 1954.